



有機光電元件封裝之 原子層沉積製程 與設備技術

Atomic Layer Deposition Equipments
for the Encapsulation of Organic Electronics

曾銘宏

國立台灣大學
材料系

王慶鈞

工研院機械所
先進機械技術組
副組長

蔡豐羽

國立台灣大學
材料系
副教授

關鍵詞(Keyword)

- 原子層沉積 atomic layer deposition
- 有機光電 organic electronics
- 阻氣薄膜 gas barriers
- 封裝技術 encapsulation

摘要(Abstract)

有機光電元件(如 OLED 與有機太陽能電池等)必須採用可有效阻隔水氧的封裝技術，始能達到具實用價值之使用壽命。原子層沉積技術(atomic layer deposition, 簡稱 ALD)具有高表面覆蓋性、低溫製程、低薄膜缺陷密度、單層即有低水氧穿透率等優點，乃為最能有效封裝有機光電元

件的薄膜製程技術，但 ALD 之低成膜速率一直為其實際量產應用之潛在障礙。針對此問題，相關廠商已相繼投入量產化 ALD 設備的開發，除大幅提升 ALD 沉積速度外，更已成功驗證了可大面積鍍膜、非真空製程、與快速 roll-to-roll 製程的設備，使 ALD 可望成為有機光電元件之薄膜封裝量產製程。

Organic electronics call for encapsulation technique capable of blocking oxygen and moisture in order to achieve practical lifetime. Atomic layer deposition (ALD) has been a proven technique for adequately encapsulating organic electronics with a single, ultrathin film owing to its advantages including complete surface coverage, low defects density, and low deposition temperature. However, the slow deposition rate, and hence low process



throughput, of ALD has been a main concern in its commercial application in the production of organic electronics. On this front, Much progress has been made to greatly improve the commercial viability of ALD for the manufacture of organic electronics. This article reviews the more remarkable recent progress in the development of high-throughput, production-worthy ALD equipments, ones that offer the capabilities of fast deposition over large area, atmospheric processing, and continuous roll-to-roll coating,

1. 有機光電元件封裝技術簡介

近幾年有機光電元件迅速發展，不但在效能與製程技術上都有顯著的突破，在應用層面上也越來越廣。有機光電元件主要包括有機太陽能電池(Organic Photovoltaic Cells, 或簡稱 OPV)與有機發光二極體顯示器(Organic Light-Emitting Diode Displays, 或簡稱 OLEDs)等。其中使用高分子為主動層的有機太陽能電池已可達 8.62%的效率[1]，而有機發光二極體的效率在文獻中也已達 100 lm/W[2]。在效能上有突破性的進展後，有機光電元件技術接下來亟待克服的是商品化的挑戰。

有機光電元件在商品化所面臨的最大問題之一為如何延長元件壽命。有機光電元件使用的材料多半具有高度不穩定性，使其元件在與大氣中之水氣與氧氣接觸下快速劣化。此乃因有機光電材料多為低能隙(low energy band gap)之共軛(conjugated)結構，因此易受光照或加熱激發，而

與環境中之氧化物如大氣中之水或氧等產生氧化反應，例如光氧化反應(photo-oxidation)；同時，低能隙之有機光電材料多具有較高的 HOMO 分子軌域(highest occupied molecular orbital)，因此即使該類材料處於未受激發之基態，也能輕易與氧化物產生氧化反應，使其喪失光電特性。除了有機光電材料本身之不穩定性之外，有機光電元件中多需使用低功函數(work function)金屬為電極，如鈣、鋇、鎂等；低功函數金屬皆具極強之還原性，因此在微量水或氧存在下即可產生劇烈氧化反應，使元件迅速毀壞。因此要能有效延長有機光電元件壽命，則必須要有能有效阻絕水氣與氧氣的封裝方法。

傳統的封裝方法使用玻璃蓋板搭配 UV 膠與吸濕劑來封裝有機光電元件，此方式雖能有效延長元件壽命，但由於其原料成本與製造成本均高(吸濕劑昂貴)、玻璃蓋板不具撓曲性(無法應用於軟性元件上)、整體厚度與重量大等問題，並非適合量產之封裝技術。

可解決傳統封裝方法問題的替代技術為薄膜封裝，其方法為在光電元件表面直接以沉積或塗佈方式施加具有阻氣功能的薄膜，而達到將水氧阻絕於元件之外的目的。因為有機物薄膜之阻氣效能多遠不及有機光電元件對阻氣效果之需求，因此薄膜封裝技術多使用阻氣性遠佳於有機薄膜之無機物薄膜。但由於多數無機物薄膜製備方式，包括電漿輔助化學氣相沉積法(亦稱 PECVD)、濺鍍法(sputtering)、或者蒸鍍(evaporation)等，皆會在成膜過程中產生極高之缺陷密度以及極大之缺陷尺寸(如表 1 所示)，且其所成薄膜之表面覆蓋不完全，使其薄膜之阻氣效

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】350期・101年5月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw